

# Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica



## “APLICACIÓN DE MONITOREO DE CONDICIONES PARA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE MOTOR Y TRANSMISIÓN EN CARGADORES 966H MEDIANTE USO DE MACHINE LEARNING”

**Tesis presentada por el Bachiller:**

Sánchez Gonzáles, Jesús Rodolfo

**Para optar el título profesional de:**

Ingeniero Mecánico

**Asesor:**

Ing. Castro Valdivia, Jorge

**Arequipa – Perú**

**2021**

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA MECANICA**  
**TITULACIÓN CON TESIS**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 20 de Enero del 2021

**Dictamen: 001446-C-EPIMMEM-2021**

Visto el borrador de tesis del expediente 001446, presentado por:

**1997226441 - SANCHEZ GONZALES JESUS RODOLFO**

Titulado:

**APLICACIÓN DE MONITOREO DE CONDICIONES PARA EL DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE MOTOR  
Y TRANSMISIÓN EN CARGADORES 966H MEDIANTE USO DE MACHINE LEARNING**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**1530 - FERNANDEZ BARRIGA CAMILO GRIMALDO  
DICTAMINADOR**



**1895 - CARPIO RIVERA MARCO ANTONIO  
DICTAMINADOR**



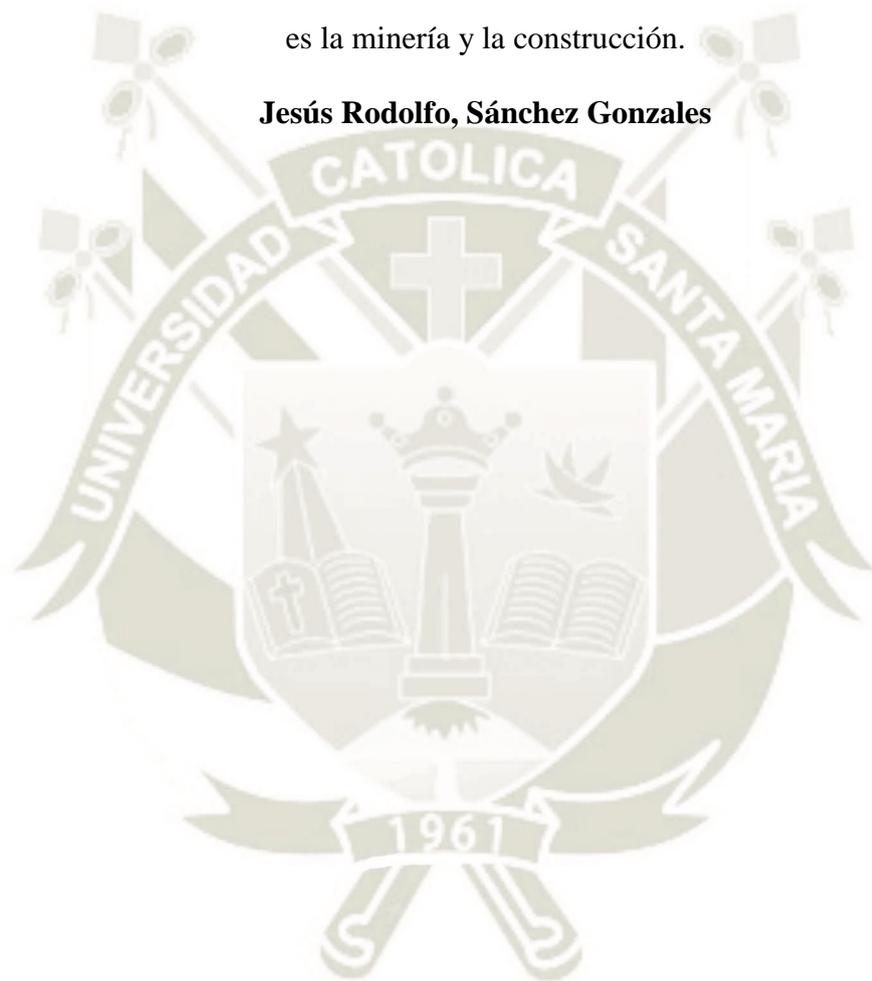
**2396 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS  
DICTAMINADOR**



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a la universidad por la oportunidad de expresar esta investigación en un documento que puede servir para desarrollar técnicas innovadoras para un sector como es la minería y la construcción.

**Jesús Rodolfo, Sánchez Gonzales**



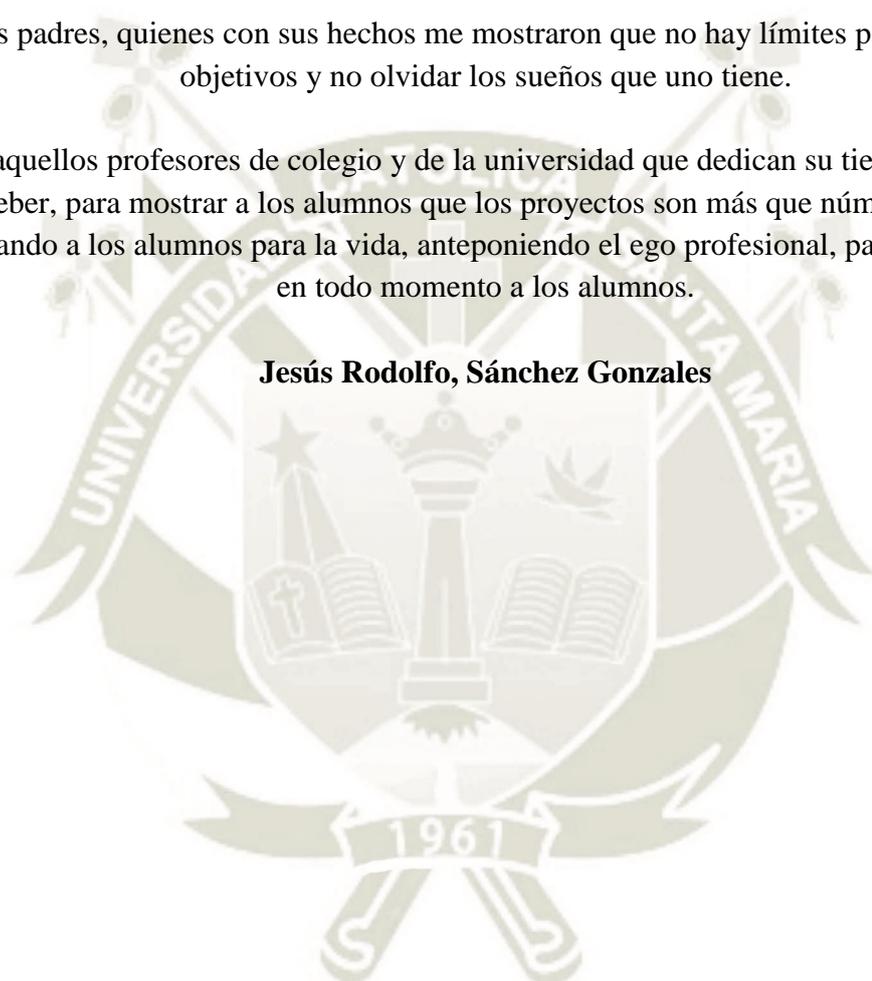
## DEDICATORIA

Dedico a mi esposa e hija, quienes son los grandes amores de mi vida, agradezco su paciencia, tiempo, soporte y cariño para poder cumplir mis sueños y metas.

A mis padres, quienes con sus hechos me mostraron que no hay límites para lograr los objetivos y no olvidar los sueños que uno tiene.

Para aquellos profesores de colegio y de la universidad que dedican su tiempo más allá del deber, para mostrar a los alumnos que los proyectos son más que números y letras, motivando a los alumnos para la vida, anteponiendo el ego profesional, para dar soporte en todo momento a los alumnos.

**Jesús Rodolfo, Sánchez Gonzales**



## RESUMEN

El propósito de esta tesis es resolver el problema relacionado a la reducción de los costos de mantenimiento que necesitan las empresas, como es el caso de monitoreo de condiciones usando nuevas tecnologías a un costo accesible.

Esto nos lleva a proponer una forma de aplicación en el monitoreo de condiciones basados en elementos de desgaste de las piezas en el aceite, para mejorar el diagnóstico de fallas en el motor y la transmisión en cargadores 966 Caterpillar, usando *machine learning*, por ello, se justifica desarrollar una metodología para determinar una predicción de alertas de fallas, usando una técnica estadística llamada Árbol de Clasificación, la cual es una técnica no supervisada de *machine learning*.

Se desarrollo por método científico, con estudios cuantitativos, de nivel no experimental, longitudinal tipo panel, usando una base de datos entre los años 2015 al 2019. Con esta data esta aplicación de monitoreo de condiciones usando *machine learning*, puede aplicarse a diferentes variables más allá del análisis de aceite.

Los límites condenatorios permiten explicar mejor la relación que tienen los elementos de desgaste de las piezas en el aceite con las alertas para un mejor diagnóstico de fallas. Este proceso se puede sistematizar en un programa de diagnóstico, usando un algoritmo predeterminado (entrenado) para futuras alertas, reduciendo así, la cantidad de personas que puedan monitorear. El uso de esta técnica estadística permite desarrollar acciones de ponderación en la toma de decisiones de forma escalable, como es el caso de los cinco elementos de recolección de datos: inspecciones, data electrónica, información histórica, condiciones de sitio, análisis de fluidos, sin embargo, debido a un tema académico solo se consideró el último como ejemplo para la aplicación en el monitoreo.

**PALABRAS CLAVES:** *Aplicación, monitoreo de condiciones, diagnóstico, fallas de motor, transmisión, cargadores 966H.*

## ABSTRACT

The thesis propose is a new way of implementing a condition monitoring using machine learning technique with an accessible cost. This implementation will reduce maintenance costs, which is a problem in construction and middle mining sectors.

This is based on the elements' wear of parts into the oil samples, to improve the diagnosis before failures in both components the engine and transmission in 966 Caterpillar wheel loaders using the machine learning technique, therefore, it is justified to develop a methodology to determine an alert prediction using a statistical model called classification trees which is an unsupervised machine learning technique.

I considered to use the scientific method, of quantitative, non-experimental, longitudinal panel-type studies, using a database registered between 2015 and 2019 years.

This method of condition monitoring based on machine learning could apply to many variables beyond oil samples.

The limits for indicators for oils samples results explained the relation between the wear elements and the alerts.

This process can be programmed into a diagnosis software using machine learning to produce future alerts, reducing the labor cost applied for these tasks, it could be used for more variables of condition monitoring than I used in this thesis.

**Keywords:** *Application, condition monitoring, diagnosis, engine faults, transmission, 966H chargers.*